

**УДК 627.132:504.06**

**Атаєв С. В., викладач** (ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне),  
**Стефанишин Д. В., д.т.н., проф.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **п.н.с.** (Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ)

### **ОЦІНКА РИЗИКУ ХРОНІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ ПЕЧЕРСЬКОГО РАЙОНУ КИЄВА ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ДІОКСИДОМ АЗОТУ**

**Виконано оцінку потенціального територіального ризику хронічних респіраторних захворювань для населення Печерського району м. Києва внаслідок емісії діоксиду азоту в результаті будівництва житлового комплексу по вул. Тимірязівській.**

**Ключові слова:** ризик, хронічні респіраторні захворювання, Печерський район, діоксид азоту.

**Выполнена оценка потенциального территориального риска хронических респираторных заболеваний для населения Печерского района г. Киева вследствие эмиссии диоксида азота при строительстве жилого комплекса на ул. Тимирязевской.**

**Ключевые слова:** риск, хронические респираторные заболевания, Печерский район, диоксид азота.

**The potential territorial risk of chronic respiratory diseases for inhabitants of Pechersky area of Kiev due to emissions dioxide nitrogen as a result of construction of a housing estate at Timirjazev Street is calculated.**

**Keywords:** risk, chronic respiratory disease, Pechersky district, nitrogen dioxide.

**Серед небезпечних** компонентів на долю викидів діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) у повітря населених пунктів припадає до 60% [1, 2]. Джерелом надходження NO<sub>2</sub> є процеси згорання палива (викиди ТЕС, котельні, заводів, автотранспорту [1-5] тощо). Окрім кислотних дощів, утворення смогу, зменшення світлопроникності атмосферного повітря тощо підвищені концентрації NO<sub>2</sub> можуть призводити до виникнення хронічних захворювань.

**Методологічні підходи** для розрахунку ризику впливу різних шкідливих речовин на здоров'я населення були розроблені ще на початку 80-х років минулого століття в США [2, 6]. Було показано, що у випадку забруднення атмосферного повітря ризик для здоров'я людини виникає за наступних умов [6]: існування джерела ризику (наявність токсиканта у атмосферному повітрі); присутність токсиканта в певній небезпечній для людини дозі (напри-

клад, при перевищенні його граничнодопустимої концентрації – ГДК); можливість безпосереднього впливу токсиканта на людину.

**Підвищені концентрації**  $\text{NO}_2$  в повітрі, в результаті як аварійних, так і систематичних викидів [2, 3, 6, 7], можуть призводити до розвитку різноманітних хронічних респіраторних захворювань (бронхіт, ларингіт, трахеїд, астма, пневмонії тощо). При цьому в жилих районах, коли імовірність місцезнаходження реципієнтів ризику (окремих жителів, населення прилеглих територій в цілому тощо) у зоні впливу цього токсиканта в жилих районах дорівнює 1, концептуально мова може йти про оцінку потенціального територіального ризику як просторового розподілу частоти реалізації негативного впливу певної дози  $\text{NO}_2$  на здоров'я деякого умовного індивідуума при різних сценаріях емісії  $\text{NO}_2$  в атмосферу [2, 3, 6-8].

**Задача оцінки ризику** респіраторних хронічних захворювань для населення Печерського району м. Києва внаслідок забруднення повітря діоксидом азоту, що розглядається в даній статті, була поставлена при оцінці впливу на навколишнє середовище (ОВНС) будівництва нового житлового комплексу по вул. Тимірязівській (рис. 1).



Рис. 1. Супутниковий знімок району будівництва: 1 – територія розташування житлового комплексу; 2 – вул. Тимірязівська; 3 – Центральний ботанічний сад ім. Н. Гришко НАН України

Оцінка потенціального територіального ризику виникнення хронічних захворювань населення в районі комплексу (рис. 1) виконувалась в рамках існуючих підходів [2, 3, 6, 7]. Загальна схема оцінки ризику з урахуванням чинних санітарно-гігієнічних норм показана на рис. 2.

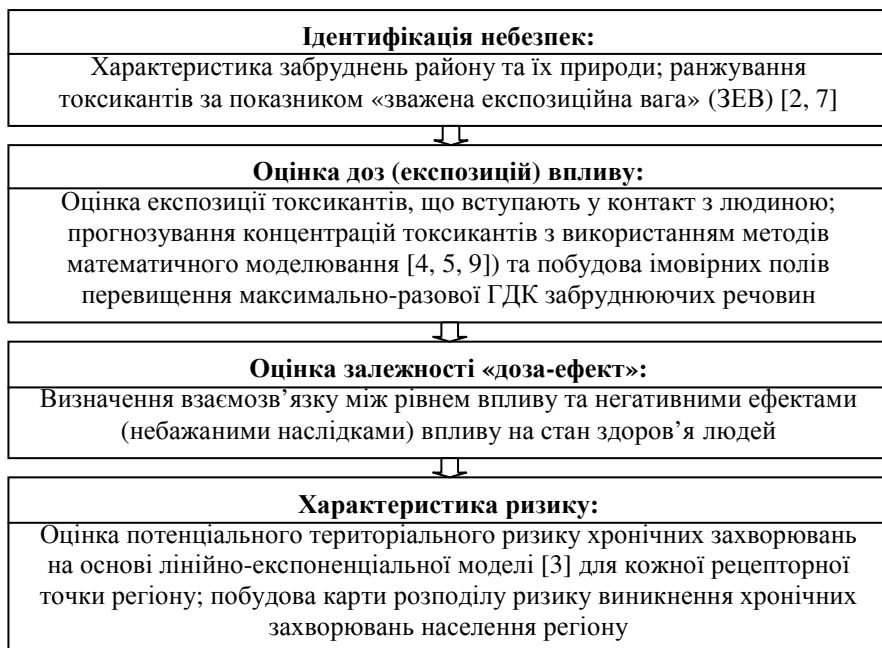


Рис. 2. Загальна схема оцінки потенціального територіального ризику виникнення хронічних захворювань населення в районі комплексу

Процедура *ідентифікації небезпек* в районі розміщення нового житлового комплексу виконувалась у 4 етапи [2, 7].

**Етап 1. Збір і аналіз даних про джерела забруднення.** Точкою відліку для оцінки потенційних загроз для населення був 2010 р. з подальшим прогнозом на 2011-2012 рр. Враховувалося додаткове забруднення повітря токсикантами, що мають надходити від нового житлового комплексу по вул. Тимірязівській, та фонове забруднення внаслідок викидів автомобільного транспорту, що рухається вулицями району.

Житловий комплекс, що проектується, являє собою будівлю, яка складається із восьмиповерхової окремої секції зі вбудованим 2-х рівневим підземним автопаркінгом та горнищем. Джерелами емісій токсикантів від комплексу є автономна котельня потужністю 0,665 МВт, що розташована на даху будівлі, та труба, що відводить вихлопи підземного автопаркінгу.

**Етап 2. Ідентифікація небезпечних факторів.** Серед потенційних джерел ризику розглядалися наступні токсиканти: від автопаркінгу – NO<sub>2</sub>, оксид вуглецю (CO) та вуглеводні (C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>); від автономної котельні – CO та NO<sub>2</sub>; від автомобільного потоку – CO, NO<sub>2</sub> і C<sub>x</sub>H<sub>x</sub>.

**Етап 3. Формулювання сценаріїв реалізації небезпечних факторів.** Розглядалися три сценарії емісії: C<sub>1</sub> – емісія від автомобільного потоку на вулицях району; C<sub>2</sub> – емісія від підземного автопаркінгу та автономної котельні проєктованого об'єкту; C<sub>3</sub> – одночасна реалізація сценаріїв C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>.

**Етап 4. Ідентифікація найбільш пріоритетних для дослідження токсикантів.** Критерієм їх відбору був показник «зважена експозиційна вага» (ЗЕВ), який визначався за формулою [7]

$$ЗЕВ = E_m \times T \times P \times E_{exp}, \quad (1)$$

де E<sub>m</sub> – емісія – маса викинутого токсиканта, т/рік; T – токсичність, яка встановлювалася на основі рівня впливу на здоров'я людини за 10-бальною шкалою [7], бали; P – популяція – кількість реципієнтів ризику (населення району), чол.; E<sub>exp</sub> – експозиція – тип, частота і рівень контакту організму людини з токсикантом (визначалася за 5-бальною шкалою [3]), бали.

Результати розрахунку ЗЕВ для різних токсикантів зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Зважена експозиційна вага токсикантів в районі житлового комплексу

Найменування токсиканта	Емісія, т/рік	Токсичність, балів	Популяція, чол.	Експозиція, бали	ЗЕВ, т/рік·чол.
Діоксид азоту	0,1230	7	6000	5	25830
Оксид вуглецю	0,2171	5	6000	3	19539
Вуглеводні	0,0060	4	6000	2	288

Встановлено, що найбільш небезпечним для населення серед усіх ідентифікованих токсикантів у досліджуваному районі є NO<sub>2</sub>. Тому подальші дослідження були зосереджені на оцінці ризику хронічних захворювань, які можуть виникнути при реалізації сценаріїв C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> і C<sub>3</sub> емісії NO<sub>2</sub>.

Оцінка доз (експозицій) впливу за сценарієм C<sub>1</sub> передбачала розрахунок фонові максимально разової концентрації C<sub>м.р.ф.</sub> [1]:

$$C_{м.р.ф.} = 0,4 \cdot C_{м.р.}, \quad (2)$$

де 0,4 – корегуючий коефіцієнт; C<sub>м.р.</sub> = 0,1665 мг/м<sup>3</sup> – фонові концентрація NO<sub>2</sub> в м. Києві (за даними Центральної геофізичної обсерваторії Державної гідрометеорологічної служби України).

На 2010 р. для досліджуваного району C<sub>м.р.ф.</sub> = 0,066 мг/м<sup>3</sup>.

При прогнозуванні викидів від автомобільного потоку враховувалося збільшення автомобільного парку до 20% станом на 2011 р. та до 30% станом на 2012 р.

Розрахунки розсіювання NO<sub>2</sub> від фонових джерел забруднення показали, що середня величина максимально-разової концентрації станом на 2011 р. складатиме C<sub>м.р.ф.</sub> = 0,074 мг/м<sup>3</sup>, для 2012 р. – C<sub>м.р.ф.</sub> = 0,084 мг/м<sup>3</sup>.

Результати прогнозування фонового забруднення викидами  $\text{NO}_2$  у вигляді імовірних полів перевищення максимально-разової ГДК  $\text{NO}_2$  наведено на рис. 3 (при дослідженнях були використані супутникові знімки території та програмне забезпечення [9]).

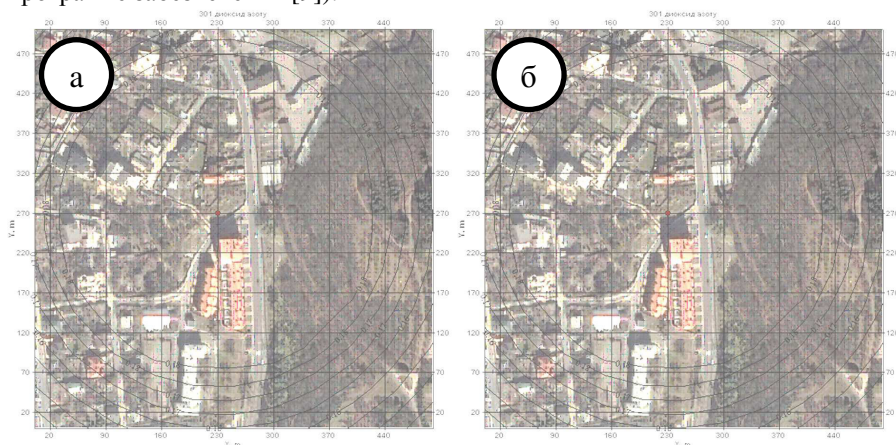


Рис. 3. Імовірні поля перевищення максимально-разової ГДК  $\text{NO}_2$  фонового забруднення району станом на 2011 р. (а) та 2012 р. (б)

Для оцінки експозиції за сценарієм  $C_2$  розраховувалася маса викидів  $\text{NO}_2$  від підземного автопаркінгу та автономної газової котельні та середня величина максимально-разової концентрації  $C_{м.р.}$  в 2010–2012 р.р.

Маса  $\text{NO}_2$ , що викидається автомобілями підземного автопаркінгу  $M^{\tau}_{\text{NO}_2}$  за розрахунковий період  $\tau$ , визначалась за формулою [4]

$$M^{\tau}_{\text{NO}_2} = m_{\text{NO}_2} \cdot Z \cdot A \cdot PR \cdot D, \quad (3)$$

де  $m_{\text{NO}_2} = 0,63$  г/км – граничний викид  $\text{NO}_2$  автомобілями за розрахунковий період;  $Z = 0,51$  млн км – пробіг автомобілів за розрахунковий період;  $A = 30$  шт. – експлуатаційна кількість машин з урахуванням коефіцієнта випуску;  $PR = 0,7$  – добуток коефіцієнтів впливу факторів на викид  $\text{NO}_2$  за розрахунковий період;  $D = 365$  днів/рік. При  $\tau = 1$  рік маємо  $M^{\tau}_{\text{NO}_2} = 0,0004$  г/с.

Маса  $\text{NO}_2$ , що викидається газовою автономною котельнею з врахуванням даних про вміст  $\text{NO}_2$  у димових газах (%) визначалась за формулою [5]

$$M_{\text{NO}_2} = 20,4 \cdot C_{\text{NO}_2} \cdot V \cdot B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \quad (4)$$

де  $C_{\text{NO}_2} = 8,8\%$  – вміст  $\text{NO}_2$  у димових газах від об'єму викидів;  $V = 7,5$  м<sup>3</sup>/кг – об'єм продуктів згорання палива;  $B = 90$  мг/кВт·год – витрата палива;  $q_3 = 15\%$  – втрати теплоти внаслідок механічної неповноти згорання палива.

Масмо  $M_{NO_2} = 0,01$  г/с.

За умови безаварійної роботи котельні та стабільного складу автомобільного парку величина  $C_{м.р.}$  буде однаковою як для поточного, так і для прогнозного періодів. В 2010-2012 р. в середньому  $C_{м.р.} = 0,028$  мг/м<sup>3</sup> (рис. 4).

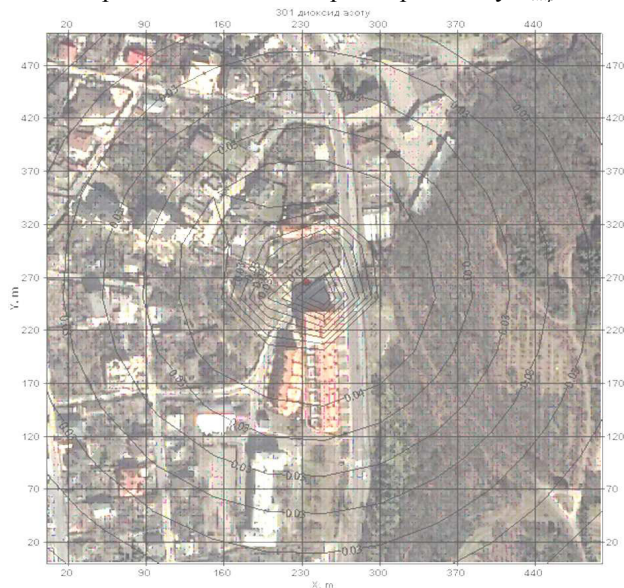


Рис. 4. Імовірні поля перевищення максимального-разової ГДК  $NO_2$  від викидів житлового комплексу в 2010–2012 рр.

Оцінка експозиції за сценарієм  $C_3$  зводилася до суми емісій  $NO_2$  від комплексу та фонових джерел забруднення. Масмо в 2010 р.  $C_{м.р.} = 0,094$  мг/м<sup>3</sup>, у 2011 р. –  $C_{м.р.} = 0,098$  мг/м<sup>3</sup>, у 2012 р. –  $C_{м.р.} = 0,124$  мг/м<sup>3</sup> (рис. 5).

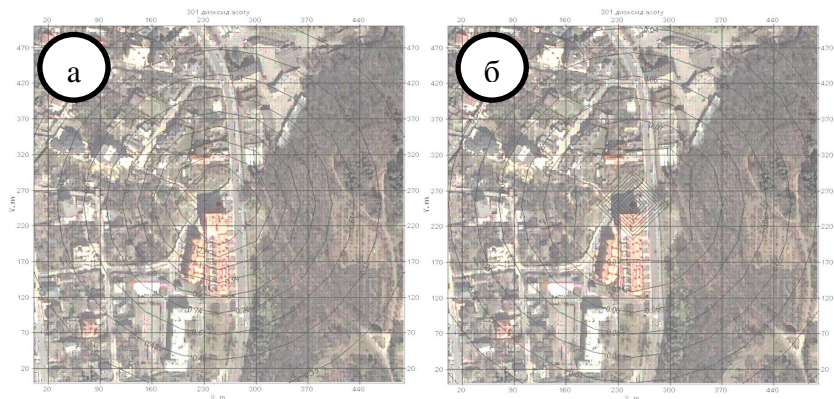


Рис. 5. Імовірні поля перевищення максимального-разової ГДК  $NO_2$  при реалізації сценарію  $C_3$  станом на 2011 р. (а) та 2012 р. (б)

Оцінка залежності «доза – ефект». Реакція організму людини на експозицію  $\text{NO}_2$  для сценаріїв  $C_1$ ,  $C_2$  і  $C_3$  визначалась за допомогою кривих «доза – ефект» [10]. При цьому приймалося, що існує деяка гранична концентрація токсиканта (концентрація  $LC_{50}$ ), перевищення якої призводить до виникнення небажаних наслідків для здоров'я людини. В якості такої концентрації було вибрано максимально-разову ГДК  $\text{NO}_2$ .

Були отримані наступні результати. Станом на 2010 р. реалізація сценаріїв  $C_1$  і  $C_2$  характеризується мінімальною залежністю здоров'я населення від експозиції  $\text{NO}_2$  (ефект  $\sim 0\%$ ), для сценарію  $C_3$  рівень залежності максимальний (ефект  $\sim 91\%$ ); станом на 2011 р. для реалізації сценарію  $C_1$  характерний ефект  $\sim 11\%$ , для сценарію  $C_2$  – ефект  $\sim 0\%$ , для сценарію  $C_3$  ефект максимальний і становить  $\sim 96\%$ ; станом на 2012 р. найбільш небезпечними сценаріями емісії  $\text{NO}_2$  є сценарії  $C_1$  і  $C_3$ , ефекти від емісій для стану здоров'я становлять відповідно  $\sim 41\%$  і  $100\%$ .

Таким чином, найбільш небезпечними за ефектами для здоров'я серед модельних сценаріїв емісії  $\text{NO}_2$  для населення району виявилися сценарії  $C_1$  і  $C_3$ . Емісії  $\text{NO}_2$  за сценарієм  $C_2$  далі вважались умовно безпечними і ризик їх впливу на стан здоров'я населення не розраховувався.

Характеристика ризику представляла собою завершальний етап оцінки потенціального територіального ризику  $RI_{\text{NO}_2}$  за сценаріями  $C_1$  і  $C_3$  у кожній рецепторній точці координатної сітки досліджуваного району з використанням лінійно-експоненціальної моделі [3]:

$$RI_{\text{NO}_2} = 1 - \exp \left[ -0,174 \cdot \left( \frac{\bar{C}_{i,j}}{\text{ГДК}_{\text{с.д.}} \cdot K_3} \right)^\beta \cdot t \right], \quad (5)$$

де  $\bar{C}_{i,j}$  – середньорічна концентрація  $\text{NO}_2$  у рецепторній точці  $(i, j)$  району,  $\text{мг/м}^3$ ;  $\text{ГДК}_{\text{с.д.}} = 0,04 \text{ мг/м}^3$  – середньодобова ГДК  $\text{NO}_2$ ;  $K_3 = 6,0$  – коефіцієнт запасу для  $\text{NO}_2$ ;  $\beta = 1,31$  – коефіцієнт, що враховує рівень небезпеки забруднюючої сполуки;  $t$  – середній інтервал часу, впродовж якого  $\text{NO}_2$  контактує із людиною, хв./год.

Значення середньорічної концентрації  $\text{NO}_2$  у рецепторній точці  $(i, j)$  регіону розраховувалося за формулами [3]

$$\bar{C}_{i,j} = \sum_k p_k \cdot C_{k,i,j}, \quad p_k = N_k/T, \quad (6)$$

де  $p_k$  – імовірність  $k$ -го атмосферного явища;  $C_{k,i,j}$  – концентрація  $\text{NO}_2$  у точці  $(i, j)$  для  $k$ -го атмосферного явища,  $\text{мг/м}^3$ ;  $N_k$  – число днів, що відповідають  $k$ -му атмосферному явищу;  $T = 365$  днів – період спостережень.

Результати розрахунку  $RI_{\text{NO}_2}$  у кожній рецепторній точці координатної сітки  $(i, j)$  залежно від сценарію наведені на рис. 6.

Середньозважені максимальні оцінки потенціального територіального ризику  $RI_{\text{NO}_2}$  для Печерського району з врахуванням сценаріїв  $C_1$  і  $C_3$  станом на 2010–2012 рр. наведені в табл. 2.



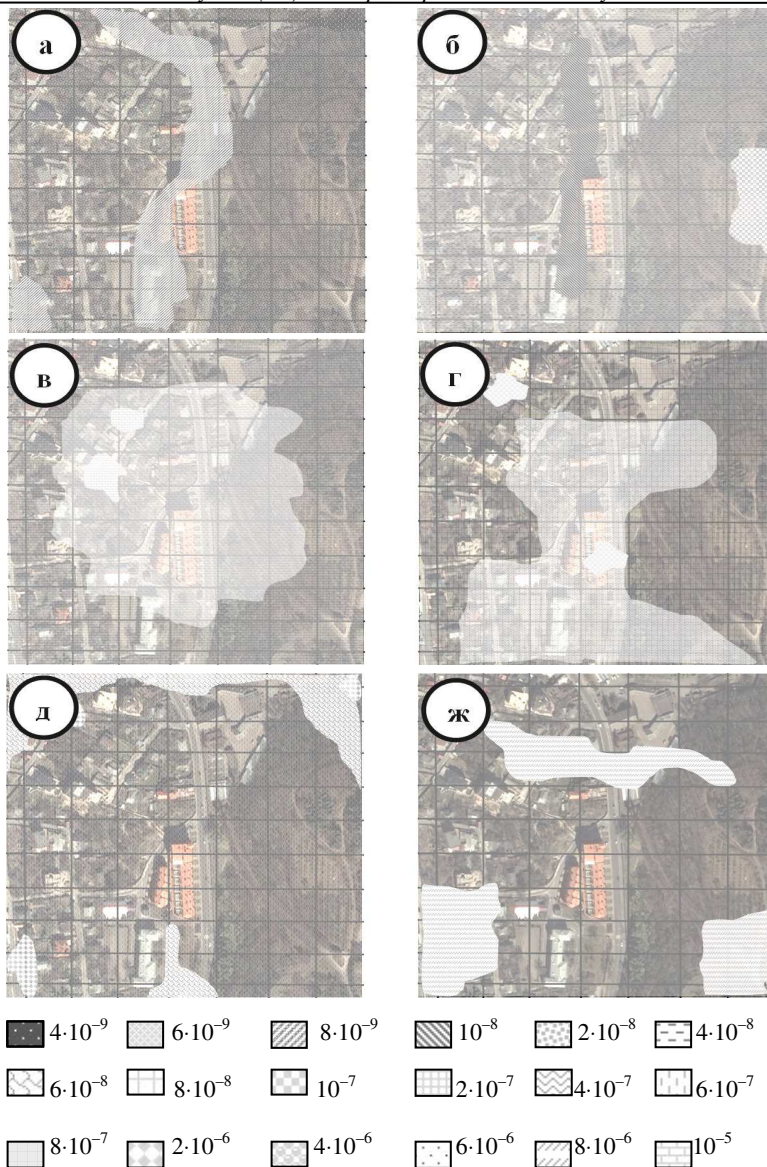


Рис. 6. Карти розподілу ризику при реалізації:  
 1) сценарію  $C_1$  станом на 2010 р. (а), 2011 р. (б) і 2012 р. (в); сценарію  $C_3$  станом на 2010 р. (г), 2011 р. (д) і 2012 р. (ж)



Таблиця 2

Середньозважений максимальний потенціалний територіальний ризик виникнення хронічних захворювань від емісії NO<sub>2</sub> в 2010–2012 рр.

Роки	Середньорічна концентрація NO <sub>2</sub> , $\bar{C}_{i,j}$ , мг/м <sup>3</sup>	Середній інтервал часу контакту NO <sub>2</sub> з людиною, $t$ , хв./год.	$RI_{NO_2}$
Сценарій C <sub>1</sub>			
2010	0,0005	0,07	3,8·10 <sup>-6</sup>
2011	0,00052	0,08	4,5·10 <sup>-6</sup>
2012	0,00056	0,09	5,6·10 <sup>-6</sup>
Сценарій C <sub>3</sub>			
2010	0,00065	0,08	6,1·10 <sup>-6</sup>
2011	0,0007	0,09	7,5·10 <sup>-6</sup>
2012	0,00078	0,1	9,6·10 <sup>-6</sup>

**Результати розрахунків** ризиків хронічних респіраторних захворювань показали, що новий житловий комплекс на вул. Тимирязівській в сукупності із автомобільним потоком підвищить середньозважений максимальний ризик хронічних захворювань для жителів Печерського району м. Києва з 3,8·10<sup>-6</sup> в 2010 р. до 9,6·10<sup>-6</sup> в 2012 р., тобто в 2,5 рази. Однак ризик 9,6·10<sup>-6</sup>, рік<sup>-1</sup>, є меншим за 10<sup>-5</sup>, рік<sup>-1</sup>, тобто може вважатися ще допустимим ризиком за наявності одного джерела загрози [11].

1. Бондаренко Е. В. Дорожно-транспортная экология: учебное пособие/ Е. В. Бондаренко, Г. П. Дворников / под. ред. А. А. Цыцурь. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004.
2. Швыряев А. А. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: учебное пособие для вузов / А. А. Швыряев, В. В. Меньшиков. – М.: Изд-во МГУ, 2004.
3. Алымов В. Т. Техногенный риск: Анализ и оценка / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.
4. Методические указания по расчету выброса вредных веществ автомобильным транспортом. – М.: Гидрометеоздат, 1985.
5. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – М.: Гидрометеоздат, 1992.
6. Авалиани С. Л. Окружающая среда. Оценка риска для здоровья (мировой опыт) / С. Л. Авалиани, М. М. Андрианова и др. – М., 1996.
7. Фалько В. В. Основные направления в проблеме оценки экологического риска / В. В. Фалько // Вісник СумДУ. – 2007. –№ 1. – С. 100-112.
8. РД 08-120-96. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов / ред. ком. Ю. А. Дадонов, А. С. Решетов и др. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1996.
9. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных примесей, содержащихся в выбросах предприятий. – М.: Госкомгидромет, 1986.
10. Быков А. А. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды / А. А. Быков и др. – М.: Анкил, 1999.
11. Лисиченко Г. В. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління / Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, Г. А. Хміль. – К.: Наукова Думка, 2008.

Рецензент: д.т.н., проф. Хлапук М. М. (НУВГП)